



AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

Sideney Becker Onofre – e-mail: beckerside@unochapeco.edu.br

Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ - Área de Ciências Exatas e Ambientais - ACEA - Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação - PPGTI - 89809-000 - Chapecó - Santa Catarina.

Dirceu Abatti - e-mail: dirceuzanardi@hotmail.com

Instituto Ambiental do Paraná – IAP – Escritório de Francisco Beltrão. Professor da Professor da União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP – Francisco Beltrão - Paraná.

Douglas Refosco - e-mail: douglasrefosco@gmail.com

Professor da Professor da União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP – Campus Francisco Beltrão e Dois Vizinhos - Paraná.

Cassio Fernando Foquesatto – e-mail: cassiofoquesatto@gmail.com

Mestrando em Agronomia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Campus Dois Vizinhos. Professor da União de Ensino do Sudoeste do Paraná – UNISEP – Francisco Beltrão e Dois Vizinhos – Paraná.

Marciéli da Silva – e-mail: marcielidasilva@hotmail.com

Mestranda em Agronomia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Campus Dois Vizinhos - Paraná.

Resumo: Este artigo apresenta os resultados de uma revisão conceitual de métodos e matérias-primas oriundas de fontes renováveis para a produção de plásticos biodegradáveis com a finalidade de oferecer uma síntese para pesquisas futuras. Os plásticos biodegradáveis têm propriedades físicas e químicas semelhantes às do plástico comum, mas demoram 12 a 18 meses para serem degradadas. A partir da revisão da literatura foram identificados, descritos e analisados as matérias-primas renováveis: cana-de-açúcar, amido de mandioca e proteína de soja. Destaca-se que, os polímeros, compostos básicos dos plásticos biodegradáveis, são formados por unidades de açúcares através de reações químicas, em proporções variáveis, de acordo com a origem da fonte. Como resultado foi estruturado uma síntese que apresenta as principais aplicações e características das diferentes fontes de matérias-primas renováveis.

Palavras-chave: Plásticos biodegradáveis, Polímeros, Fontes renováveis.

TYPES OF PACKAGING BIODEGRADABLE DIFFERENT ASSESSMENT

Abstract: This article presents the results of a conceptual review of methods and materials - materials derived from renewable sources For biodegradable plastics production in order to offer a synthesis for future research. plastic has biodegradable the physical and chemical properties similar as do common plastic, but take 12 to 18 months to degraded by. From the literature review were identified,

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



described and analyzed as materials renewable materials: cane -from -sugar, cassava starch and soy protein. If quay highlights, the polymers, basic compounds of biodegradable plastics, are formed by sugar units through chemical reactions in variables proportions of according to the source of origin. As a result was structured the synthesis that features as main applications and characteristics of different materials sources renewable materials.

Keywords: Biodegradable plastics, Polymers, Renewable sources.

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, em decorrência de uma gama de propriedades interessantes apresentadas pelos plásticos, tais como leveza, inércia química e boa resistência mecânica, entre outras, esses materiais vêm sendo cada vez mais utilizados. Os plásticos convencionais são produzidos, principalmente, a partir de matérias-primas provenientes do petróleo, um recurso natural não renovável. Devido ao fato dos plásticos petroquímicos demorarem cerca de 100 a 400 anos para se decompor, propiciando um grande acúmulo de resíduos dessa natureza no ambiente, o que tende a impactá-lo negativamente, deve-se pensar numa maneira sustentável de produzir, utilizar e “descartar” objetos de plástico, visando minimizar os impactos negativos desse material, para o ambiente (TELLES *et al.*, 2011).

Alavancados pelo crescente aumento dos preços do petróleo e a conscientização ecológica, o desenvolvimento de plásticos obtidos a partir de matérias primas vegetais tem ganhado espaço no mercado. Os plásticos biodegradáveis degradam-se rapidamente no meio ambiente, além de dispensarem o uso de petróleo (FARIA *et al.*, 2012).

Os plásticos biodegradáveis são resinas biodegradáveis provenientes de matérias-primas de fontes renováveis, geralmente derivados de produtos vegetais e animais, tais como: amido, cana-de-açúcar, soja e milho. A utilização em massa destas matérias substituem o uso de compostos de fontes não renováveis, como o petróleo (TELLES *et al.*, 2011).

Estes produtos decompõem-se de maneira simples pela atividade dos microorganismos ao entrar em contato com o solo, umidade, ar e luz solar. Este processo transforma carbono em energia para a continuidade da vida (MARTINS, 2010).

A busca por amenização dos problemas ambientais e o tratamento da poluição visam neutralizar os efeitos ambientais negativos gerados pelos resíduos plásticos. A conscientização ambiental gerou a necessidade de desenvolvimento de produtos e processos que minimizem ou até neutralizem a degradação ambiental (MALI *et al.*, 2010)

Sendo o objetivo geral deste artigo uma revisão bibliográfica de matérias-primas renováveis para produção do plástico biodegradáveis com a finalidade de oferecer uma síntese para futuras pesquisas. Foram analisadas as fontes renováveis de: cana-de-açúcar, amido de mandioca, proteína de soja. A estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: no capítulo 2 a revisão e análise, no capítulo 3 o método do trabalho, no capítulo 4 a síntese e no capítulo 5 as considerações finais do estudo.

2. MÉTODO DE TRABALHO

O método utilizado foi baseado em um processo de revisão sistemática da bibliografia. Foi realizada a definição das fontes renováveis a base de cana-de-açúcar, amido de mandioca e proteína de soja. Definiu-se o processo de obtenção, as propriedades, aplicação e a forma de decomposição do plástico biodegradável obtido de cada fonte renovável estudada. Para finalizar e melhor compreender as particularidades de cada plástico biodegradável, foi realizado uma síntese baseada na revisão e análise.

3. REVISÃO E ANÁLISE

A produção de resinas plásticas produzidas a partir de materiais biodegradáveis, também conhecidos como biopolímeros, conquista uma importância cada vez maior. Esse aumento de interesse deve-se as possibilidades de escassez de petróleo, pelas mudanças no clima que estão ocorrendo e pelos incentivos feitos em relação à utilização destes produtos (STEINHOFF *et al.*, 2009).

Os plásticos biodegradáveis ocorrem de forma natural e podem ser produzidos tanto por sistemas biológicos (como animais, plantas e microrganismos), classificados como polímeros biodegradáveis naturais; como também derivados de precursores biológicos, como aminoácidos, açúcares e óleos naturais, classificados como polímeros biodegradáveis sintéticos (PORTO, 2007). Os polissacarídeos, as proteínas e os PHAs (produzidos por bactérias) são exemplos de polímeros biodegradáveis naturais (MARTINS, 2010).

Os plásticos denominados biodegradáveis têm propriedades físicas e químicas semelhantes às do plástico comum, mas demoram 12 a 18 meses para serem degradadas (RAMALHO, 2009). Para um material ser chamado de biodegradável, ele deve ser degradado completamente por microorganismos vivos e/ou enzimas, gerando compostos naturais como CO₂, água, metano, hidrogênio e biomassa (MARTINS, 2010; SHIMAZU & GROSSMANN, 2007).

O processo de produção do plástico biodegradável é simples: Faz-se o cultivo dessa bactéria em um reator, fornecendo a ela fontes de carbono e sais minerais. Após o seu crescimento, interrompendo-se o fornecimento dos sais minerais, mantendo-se constante o suprimento de fontes de carbono. Por causa da ausência de sais minerais, a bactéria não pode mais crescer e o consumo do carbono é desviado na forma de grânulos internos, que constituem o plástico biodegradável ou poliéster. Depois, ele é extraído e empregado na produção de embalagens de xampu e sacos plásticos, entre outros utensílios (RAMALHO, 2009).

De acordo com a Associação Brasileira de Polímeros Biodegradáveis e Compostáveis - ABICOM, o atributo de o plástico ser biodegradável deve ser tratado com muita responsabilidade. Devendo serem testados por uma norma reconhecida e atestados por certificadoras credenciadas. Devem atender os requisitos conforme ao padrão legalmente vinculativo para compostagem de plásticos. Sendo válidos em todos estados membros da União Européia ou EN 14995, USA: ASTM D-6400 e em outros países: ISO 17088. No Brasil temos a nossa própria norma NBR ABNT 15.448-1 e 2 que foi integralmente baseada nessas normas recíprocas.

Figura 1 - Entidades Certificadoras de Plásticos Biodegradáveis



Fonte: ABICOM, (2014)

Produtos feitos de material compostável devem ser certificados por entidades certificadoras independentes de terceiros e rotuladas com os logotipos abaixo, que são marcas registradas (ABICOM, 2014).

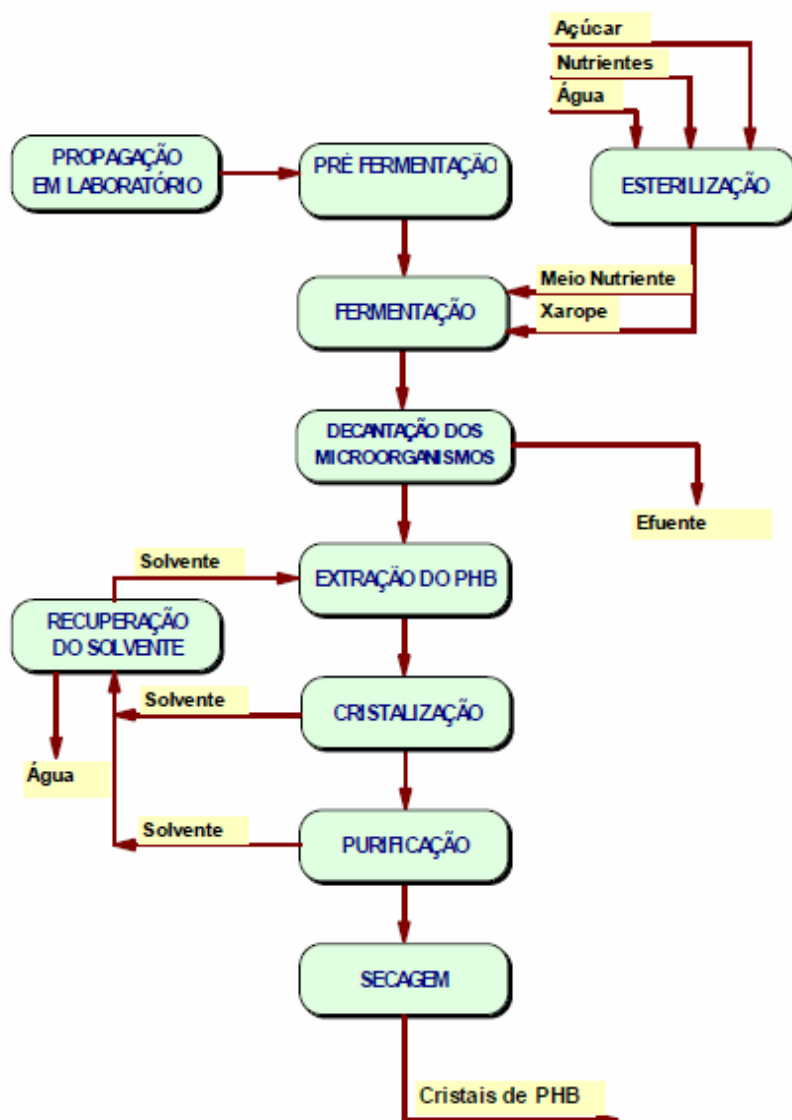
Para obter a certificação de um determinado material em compostável, é preciso que este passe por um teste, este conta resumidamente com quatro etapas: Caracterização química do material, biodegradação, desintegração, eco toxicidade (ABICOM, 2014).

Os plásticos biodegradáveis foram descobertos há mais de dez anos, porém eles ainda têm uma participação mínima no mercado internacional e nacional, apenas 1%, dominado pelos de origem petroquímica. Apesar da vantagem no critério ambiental, os plásticos biológicos são mais caros e, por serem menos flexíveis, têm aplicações mais limitadas que os sintéticos (RAMALHO, 2009).

3.1. Embalagens biodegradáveis a partir da cana-de-açúcar

No que se refere a estudos científicos, uma das descobertas mais recentes na área de plásticos biodegradáveis é o polímero polihidroxibutirato (PHB) que pode ser fabricado a partir do bagaço da cana-de-açúcar, espécie vegetal largamente cultivada e explorada em todo o Brasil (TELLES *et al.*, 2011).

Figura 2 - Esquema do processo de obtenção do polihidroxibutirato



Fonte: Telles *et al.*, (2011).

PHB é um homopolímero composto por unidades monoméricas de quatro átomos de carbono. O impulso para este estudo ocorreu no início da década de 90, quando teve início o projeto



“Produção de plásticos biodegradáveis a partir de cana-de-açúcar, por via biotecnológica” que foi desenvolvido em cooperação pelo Laboratório de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o Centro de Tecnologia da Copersucar e o Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (este, associado à Universidade Federal da Paraíba), utilizando recursos do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Financiadora de Estudos e Projetos (PADCT- Finep) (SILVA, 2007).

Segundo Tada (2009), o processo de obtenção do PHB utilizado no projeto Copersucar-IPT envolve duas fases nos fermentadores, conforme ilustra a figura 2. Na primeira fase, as bactérias são induzidas a crescer, em meio de cultura sem limitação de nutrientes necessários ao crescimento, até que seja atingida a concentração celular desejada de bactérias. Na segunda fase, a síntese do PHB ocorre quando há limitação de nutrientes necessários para a bactéria, por exemplo, o fósforo; em um meio com excesso de carbono, os microrganismos se alimentam desses açúcares, e em seu interior são formados grânulos de poliésteres. Para as bactérias esses grânulos funcionam como reserva de energia. Após esse processo, o PHB é extraído e purificado, com o auxílio de um solvente orgânico, que rompe a parede celular do microrganismo, possibilitando a liberação dos grânulos de poliéster. O que sobra do processo retorna à lavoura como adubo orgânico. O bioplástico obtido junto à máquina extratora possui a aparência de um pó branco (TELLES *et al.*, 2011).

A produção de PHB e copolímeros, integrada à produção de açúcar e álcool em usinas de processamento de cana-de-açúcar, pode representar uma grande oportunidade de produzir polímero a baixo custo e expandir a indústria de cana. Neste caso, a energia necessária aos processos de produção provém da queima do bagaço da cana. Os efluentes do processo e a biomassa resultante após a extração do polímero podem ser utilizados como fertilizantes na plantação de cana, e os solventes utilizados na purificação do polímero são derivados da fermentação alcoólica, naturais e biodegradáveis, portanto, sem representar impacto ambiental negativo (NONATO, 2001 apud SQUIO, 2004).

O PHB apresenta propriedades mecânicas, tais como elevada cristalinidade, resistência à mistura, resistência à água, pureza óptica, boa estabilidade a radiação ultravioleta, barreira à permeabilidade de gases, biocompatibilidade, alta regularidade da cadeia carbônica e elevada massa molecular, embora tenha duas características que o limitam a certas aplicações, que são a sua característica quebradiça e a reduzida faixa de condições de processamento (RODRIGUES, 2005).

O PHB pode ser utilizado na fabricação de embalagens para higiene, limpeza, cosméticos e produtos farmacêuticos, além de também ser empregado na produção de sacos e de vasilhames para fertilizantes e defensivos agrícolas. Pode ser usado na produção de artefatos mais flexíveis, como, por exemplo, frascos de xampu ou materiais que necessitam do processo de extrusão por sopro, como é o caso dos sacos plásticos (TELLES *et al.*, 2011).

O plástico biodegradável, a partir da cana-de-açúcar, se decompõem numa diversidade de meios, liberando apenas água e gás carbônico. Em fossas sépticas, a perda da massa chega a 90% em 180 dias e em aterro sanitário perde 50 % da massa em 280 dias. Ecologicamente correto (RAMALHO, 2009).

3.2. Embalagens biodegradáveis a partir de amido de mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta arbustiva pertencente à família das Euforbiaceae, que tem o Brasil como centro de origem (floresta amazônica fronteira com a Venezuela) (ALVES, 2012).

A planta apresenta raízes tuberosas, rica em amido. No país, a maior produção de mandioca é destinada a alimentação humana (uso culinário e farinha) com parte substancial pouco referenciada destinada a nutrição animal. A composição das raízes varia de acordo com a cultivar ou variedade. Apenas cerca de 3% da produção nacional de raízes de mandioca é usada para extração industrial do amido, nativo e modificado (ALVES, 2012).

A mandioca “in natura” possui aproximadamente 70% de água e 30% de amido. A fração amido quando extraída da planta corresponde a um material branco, fino, inodoro e insípido, obtido



através de uma sequência de opções, que envolvem desde a lavagem das raízes, descascamento, trituração e desintegração, separação, centrifugações até a secagem (SCHIMIDT, 2008).

Os polímeros do amido são formados por unidades de glicose polimerizadas em arranjos lineares (amilose) e ramificados (amilopectina), em proporções variáveis, de acordo com a origem botânica. A maioria dos amidos comerciais, de milho, trigo, batata e mandioca, contém de 18 a 28% de amilose (ALVES, 2012).

A aplicação do amido na confecção de biofilmes se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade para formar filmes (SHIMAZU, 2007).

Biopolímeros, como os obtidos do amido apresenta-se como matérias-primas potenciais em diversos produtos, principalmente relacionados aos alimentos. Por sua disponibilidade e preço o amido de mandioca apresenta característica desejáveis para o desenvolvimento de embalagens expandidas biodegradáveis ou mistura com polímeros mais caros e pouco disponíveis (VILPOUX & AVEROUS, 2004).

Um dos materiais mais usados em embalagens descartáveis é o poliestireno expandido (PSE), que deriva do petróleo, sendo que sua marca mais conhecida é o Isopor®. Seu processo de formação gera a estrutura expandida ou célula de chapa, proporcionando propriedades de barreira térmica e acústica; porém, a fragilidade é um limitador a sua aplicação (ALVES, 2012).

O amido termoplástico, produto que recebe a sigla TPS em inglês, é hoje uma das principais linhas de pesquisa para produção de materiais biodegradáveis (VILPOUX & AVEROUS, 2004). O amido não é um verdadeiro termoplástico, mas, na presença de um plastificante (água, glicerina, sorbitol, etc.), a altas temperaturas (90 - 180°C), e cisalhamento, como ocorre no extrusor, ele derrete e flui, permitindo seu uso em equipamentos de injeção, extrusão e sopro, como para os plásticos sintéticos. O desenvolvimento de uma tecnologia industrial, considerando o amido de mandioca para a fabricação de bandejas expandidas é uma vertente possível (ALVES, 2012).

O processo para a elaboração de material rígido, a base de amido, dentro de molde fechado e aquecido, é dividido em várias fases. Primeiro a temperatura do molde aquece a mistura de amido e água até a temperatura de gelificação ou ponto de ebulição. Logo após a gelificação a massa se torna uma pasta espessa a ponto que o vapor arrasta a pasta expandida para preencher o molde, ocorrendo o fechamento das aberturas das extremidades do mesmo. Com isso ocorre a formação e uma ligeira pressão dentro do molde, de aproximadamente 1 bar (ALVES, 2012).

Com o aumento da temperatura interna da massa, a saída de vapor é acelerada. Depois de um determinado tempo a espuma de amido seca gradualmente com perda de água pelas aberturas do molde, restando de 2 a 4% de água no produto final. Para que ocorra a formação do material celular é necessário que o amido apresente características reológicas específicas. Primeiro a pasta de amido deve ter uma força elástica suficiente para se expandir com as bolhas de vapor, evitando que ocorra o colapso da espuma (ALVES, 2012).

Para obter bandejas de amido termoplástico é necessário que o amido perca sua estrutura granular semicristalina e adquira comportamento similar ao de um plástico derivado de petróleo. A água adicionada à formulação tem a função de desestruturar o grânulo de amido nativo, rompendo as ligações de hidrogênio entre as cadeias de amilose e amilopectina, originando um produto plástico. Para isso é necessária a adição de um plastificante, além da água. Nestas condições o produto obtido é evidenciado na Figura 3. (ALVES, 2012).

Embalagens a base de amido de mandioca são muito sensíveis à umidade e apresentam fácil degradação frente a agentes microbianos (ALVES, 2012).

3.3. Embalagens biodegradáveis a partir de proteína de soja

As proteínas são polímeros de estrutura complexa, que são sintetizados pelos organismos vivos através da condensação de inúmeras moléculas de α -aminoácidos. Existe uma diversidade enorme de proteínas encontradas na natureza, devido a variada combinação de aminoácidos unidos covalentemente, o que lhes confere distintas atividades (MARTINS, 2010).

Figura 3 - Embalagem à base de amido de mandioca: (a) Vista externa da embalagem; (b) Vista interna da embalagem.



Fonte: CeTeAgro/UCDB (2012).

Dentre estas proteínas, a proteína de soja tem a vantagem de ser economicamente competitiva, biodegradável e de fácil disponibilidade, além de o Brasil ser o maior exportador de soja do mundo (SCREMIN, 2004).

Assim como outras importantes macromoléculas de origem biológica, a proteína de soja é formada por moléculas menores. Mas, ao contrário dos ácidos nucleicos, as proteínas não apresentam estruturas regulares e uniformes. Isto se deve ao fato de que os vinte aminoácidos presentes nas proteínas apresentam propriedades físicas e químicas muito distintas (SCREMIN, 2004).

A alta solubilidade da proteína de soja é um desafio para usá-la como um biomaterial. Em outras aplicações industriais e alimentícias, a solubilidade é um atributo importante (SCREMIN, 2004).

A proteína derivada da soja tem se tornado um grande alvo na produção de filmes biodegradáveis pela sua aplicabilidade como adesivos, plásticos, dentre outros, e pela larga produção de soja nos agronegócios, criando a possibilidade de se produzir filmes de produtos de fonte renovável e que se degradam naturalmente, minimizando os prejuízos ao meio ambiente (MARTINS, 2010).

Experimentos recentes mostram que a proteína de soja sozinha ou misturada com outros biopolímeros, como o amido por exemplo, pode ser moldada como constituinte dos plásticos como embalagens descartáveis, utensílios, e brinquedos. Os plásticos moldados demonstram propriedades mecânicas e resistência a água adequados para muitos produtos disponíveis comercialmente. Depois de consumidos, os materiais usados podem ser coletados, processados e utilizados como ração animal ou adubo para o solo, o que compete uma completa utilização do material e soluciona os problemas de poluição ambiental (SCREMIN, 2004).

Os filmes produzidos a partir de proteína de soja têm demonstrado boa barreira para o oxigênio e bloqueador – UV. O filme de proteína de soja, portanto, é usado com material em embalagens, protegendo as mercadorias da luz UV que induz a oxidação e a deterioração das mesmas. Os filmes de proteína de soja são ideais para adubos do solo e outros usos na agricultura e na horticultura (SCREMIN, 2004).

Como é biodegradável e com propriedades não-eletrostáticas, os plásticos feitos a base de proteína de soja têm características únicas e atrativas. Portanto a proteína de soja é uma fonte renovável para a produção de plásticos, apresentando além de outras propriedades um valor agregado bastante competitivo (SCREMIN, 2004).

Martins (2010) estudou a preparação e caracterização de filmes biodegradáveis para aplicação em embalagens de alimentos a base de proteína de soja e verificou que a adição de óleo de buriti aumenta a propriedade plastificante, também foi necessária a adição do óleo essencial de canela para fazer a interface com a proteína, onde se observou uma maior rigidez do filme através dos ensaios mecânicos, ligado a maiores interações com a matriz polimérica.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem grandes possibilidades de aplicação para os sistemas de embalagens biodegradáveis a partir de cana-de-açúcar, amido de mandioca e proteína de soja estudadas neste artigo. São fontes renováveis abundantes no nosso país, possuem baixo custo, apresentam diversas propriedades e aplicabilidades interessantes, sendo uma inovação para a indústria.

A partir das referências bibliográficas pesquisadas, pode-se dizer que os polímeros biodegradáveis podem ser uma fonte de minimização do impacto ambiental causado pelo grande volume de polímeros sintéticos extraídos de fontes não renováveis, como o petróleo. E que o maior desafio é incentivar o consumo consciente destes produtos. Novas pesquisas devem ser realizadas para melhorar e aumentar as propriedades destes plásticos biodegradáveis.

REFERÊNCIAS

- ABICOM. **Associação brasileira d polímeros biodegradáveis e compostáveis**. Disponível em: http://abicomweb.org.br/artigos/1/sobre_a_abicom. Acesso em: 10 de novembro de 2014.
- ALVES, G. S.; SAMPAIO, A. P. L.; ZAVOLSKI, C. A.; BRITO, V. H.; CEREDA, M. P.; NEVES, E. Material a base de amido de mandioca para manufatura de embalagem de alimentos. **Revista Citino**, p. 15 – 24, Vol. 2, Nº. 1, 2012.
- DE OLIVEIRA FARIA, F.; VERCELHEZE, A. E. S.; MALI, S. Propriedades físicas de filmes biodegradáveis a base de amido de mandioca, álcool polivinílico e montmorilonita. **Quim. Nova**, v. 35, n. 3, p. 487-492, 2012.
- MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.
- MARTINS, Anna Paula Carminatti; **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis para aplicação em embalagens de alimentos**. Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Ciências Físicas e Matemáticas departamento de química, Florianópolis, p. 32. 2010.
- PORTO, L.C., **Filmes formados por gelatina e poli (acrilamida-co-ácido acrílico) : efeito da composição, do plastificante e agente reticulante nas propriedades térmicas, mecânicas e absorção de água**. Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis. p. 81. 2007.
- NONATO, R. V.; MANTELATTO, P. E.; ROSSELL, C. E. V. **Integrated production of biodegradable plastic, sugar and ethanol**. 2001. In: SQUIO, C. R.; ARAGAO, G. M. F. de. Estratégias de cultivo para produção dos plásticos biodegradáveis poli(3-Hidroxibutirato) poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) por bactérias. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 4, ago de 2004.
- RAMALHO, M. **Plásticos biodegradáveis proveniente da cana-de-açúcar**, Centro Paula Souza , São Paulo, 2009.
- RODRIGUES, A. D. **Estudo da Produção de Polihidroxibutirato por Cupriavidus necator em fermentação no estado sólido**. 2005. XI, 86 p. (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Química, 2005) Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- SHIMAZU, S.M., GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**. p. 79-88. 2007.
- STEINHOFF, B.; WANG, S.; ALIG, I. Uma análise da degradação do poli(ácido láctico) (PLA) induzida pelo processo de transformação, **Revista Plástico Industrial**, São Paulo, v. 11, n. 126, p. 78-83, 2009.
- SCHIMIDT, V. C. R., **Desenvolvimento de Embalagens Biodegradáveis a partir da fécula de mandioca, calcário e fibra de celulose**. Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Federal de Santa Catarina, 2008, p.6-7.
- SCREMIN, F. F. **Estabilidade térmica de filmes biodegradáveis produzidos a base de proteína de soja e amido de milho**. Universidade Federal de Santa Catarina centro de ciências físicas e matemáticas departamento de química, Florianópolis, novembro de 2004.

REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO

INFORMAÇÕES



SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SILVA, L. F. da, GOMEZ, J. G. C. Produção biotecnológica de poli-hidroxialcanoatos para a geração de polímeros biodegradáveis no Brasil. **Quím. Nova**. vol. 30, n.7, p. 1732-1743, 2007.

TADA, E. S. **Blendas com poli(3-hidroxibutirato) (PHB) e copolímeros aleatórios: comportamento de fases e cinética de cristalização**. Tese de Doutorado em Ciências. Campinas, SP: [s.n], 247 p., 2009.

TELLES, M. R.; SARAN, L. M.; UNÊDA-TREVISOLLI, S. H. Produção, propriedades e aplicações de bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar. **Ciência & Tecnologia: FATEC-JB**, Jaboticabal, v. 2, n. 1, p. 52-63, 2011.

VILPOUX, O.; AVEROUS, L. **Plásticos a base de amido**. São Paulo: Fundação Cargill, (Série Cultura de tuberosas Amiláceas Latinoamericanas), v.3, cap.18, p.499-529, 2004.